

本資料のうち、枠囲みの内容は、
商業機密あるいは防護上の観点
から公開できません。

伊方発電所設計及び工事計画審査資料	
資料番号	D S F - 0 0 3
提出年月日	令和 3 年 6 月 1 0 日

伊方発電所 3 号機

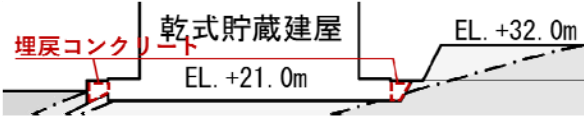
設計及び工事計画認可申請の
確認事項に対する回答資料
(使用済燃料乾式貯蔵施設)

令和 3 年 6 月
四国電力株式会社

確認事項に対する回答

No.	分類	設工認申請書該当箇所等	確認事項	回答	添付資料
全般-1	全般	全般	周辺施設の波及影響も含めた設計等に関する申請書上の記載箇所を整理すること。	周辺施設の設工認上の記載箇所及びその内容について資料①に示します。	資料①
全般-2	全般	基本設計方針	II-2-6-3 下から2行目 使用済燃料乾式貯蔵施設についての説明があり、周辺施設の各施設が示されているが、基礎が記載されていない理由について、説明すること。	当該箇所では、基礎を使用済燃料乾式貯蔵容器に含めたものとして整理しております。 基礎は使用済燃料乾式貯蔵容器の間接支持構造物であり、既工認を含め従来から、間接支持構造物は個別に明示しておらず申請設備に含めた記載としております。 また、基礎の具体的な設計は、第1章共通項目にて、「原子炉冷却系統施設(蒸気タービンを除く。)の基本設計方針」と紐づけを行った上で、当該基本設計方針に使用済燃料乾式貯蔵容器が設置された建物・構築物として示しております。	-
全般-3	全般	基本設計方針	II-2-6-4 上から3行目 「使用済燃料乾式貯蔵容器、使用済燃料乾式貯蔵建屋並びに使用済燃料乾式貯蔵容器を固定する貯蔵架台及び基礎ボルトは、設計基準対象施設に分類され、」と記載があるが、それ以外の周辺施設については、設計基準対象施設ではないということか。	設置変更許可で説明した整理と同じく、周辺施設のうち特段の機能を有する設備(乾式キャスクの安全機能を維持するために、一般産業施設や公衆施設以上の耐震性を有する設備)を設計基準対象施設と整理しております。このため、高い耐震性を有する使用済燃料乾式貯蔵容器、使用済燃料乾式貯蔵建屋並びに使用済燃料乾式貯蔵容器を固定する貯蔵架台及び基礎ボルトが設計基準対象施設に該当し、それ以外の周辺施設は、設計基準対象施設に該当しません。 なお、当該周辺施設については、使用済燃料乾式貯蔵容器に波及的影響を与えない設計とするとともに、一般産業品として耐震Cクラスに準じた設計としています。	-

No.	分類	設工認申請書該当箇所等	確認事項	回答	添付資料
耐震-1	耐震	資料9-1	<p>p.資9-1-7 (1)静的地震力について、使用済燃料乾式貯蔵容器が設置された建物・構築物に対しては、Cクラスの地震動を適用するという理解でよいか。 なお、資9-1-1(2)では、使用済燃料乾式貯蔵容器の周辺施設の設計についてはCクラスに準じるものとする」と記載している。</p>	<p>資9-1-1(2)の「周辺施設の設計については、Cクラスに準じるものとする。」との記載は、設置許可基準規則の解釈の別記4に基づき、周辺施設全般の設計方針を記載しているものです。 使用済燃料乾式貯蔵容器が設置された建物・構築物については、使用済燃料乾式貯蔵容器の間接支持構造物に該当するため、資9-1-2(6)に、基準地震動S_sによる地震力を適用することを特出して記載しております。</p>	-
耐震-2	耐震	資料9-1	<p>p.資9-1-14 使用済燃料乾式貯蔵建屋の許容限界は、(c)耐震クラスの異なる施設を支持する建物・構築物を適用するという理解でよいか。また、本体審査時において、(c)耐震クラスの異なる施設を支持する建物・構築物に該当するものの具体例は何か。</p>	<p>ご認識のとおりです。 本体審査では、海水ピットポンプ室や海水管ダクト及び海水ピットスクリーン室が該当します。</p>	-
耐震-3	耐震	資料9-7	<p>p.資9-7-14 設計用最大床加速度の静的震度について、Sクラスの震度としているが、その理由を説明すること。また、これを用いる設備は具体的には何か。</p>	<p>本申請において、Cクラスに準じて設計する周辺施設については、原子炉冷却系統施設の基本設計方針に記載のとおり、静的震度1.0Ciの値を20%増しとした静的震度(1.2Ci)を用いて設計しています。 なお、設計用最大床加速度の静的震度の記載は既設工認から、Sクラスの静的震度である3.6Ciを代表して記載しており、今回の申請でも同様の記載とし、周辺施設の設計においては3で除することで、1.2Ciに換算して用いています。</p>	-

No.	分類	設工認申請書該当箇所等	確認事項	回答	添付資料
耐震-4	耐震	資料9-1別紙	<p>p.資料9-1別紙6.7 第2-2表の建屋断面と、資9-12-2-7~9第2-3図の建屋断面で基礎の形状が異なっている理由について説明すること。また、建屋基礎と支持地盤との接続部のすべり抵抗はどのようにモデル化しているのか。</p>	<p>(1点目) 地盤関係の資料においては、すべり面が通らない材料(地盤以外の材料)は一括りにして白抜き表示とします。従い、「建屋基礎」に加えて、施工上発生する「埋戻コンクリート」がまとめて白抜き表示となります。「建屋基礎」の形状は、資料9-12-2-7~9が有する情報が正です。</p>  <p>(2点目) ご指摘の「建屋基礎と地盤の間」や、他にも例えば「地盤(Ⅰ級)と地盤(Ⅱ級)の間」のように、層境を通るすべり計算においては、両者のうち小さいほうのせん断強度を採用しています。ご指摘の事例では、既許可と同様、せん断強度の小さい「地盤」のせん断強度を採用しています。</p> <p>既工認(2019.12.13申請, 12.24認可)資料8-1別紙 第3-1表より ・コンクリート(18N/mm²): 3600kN/m² ・地盤(Ⅰ級): 981kN/m²</p>	-
耐震-5	耐震	資料9に係る補足説明資料(DSF-040)	<p>p.1-1-15 「4. まとめ」において、積雪荷重と積載荷重との比較の結果、積雪荷重が積載荷重に包絡されるとあるが、1-5-5ページ第2-2表の屋根の積載荷重には積雪荷重が含まれているため、比較の必要はないのではないかと。</p>	<p>ご指摘の通り、積載荷重3000N/m²は積雪荷重140N/m²を含んだものです。第2-2表は、積載荷重と積雪荷重の大小関係を比較する観点からお示しているものです。なお、伊方3号機再稼働工認でも同様の表を提示しております。</p>	-
耐震-6	耐震	資料9に係る補足説明資料(DSF-040)	<p>p.1-1-17 参考2-1表の材料物性について、コンクリートのヤング係数が原子炉補助建屋のヤング係数と異なっている理由について、説明すること。</p>	<p>コンクリートのヤング係数は原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準(RC-N)の算定式に基づき算出しています。同式ではコンクリート強度F_cに基づきヤング係数を算出しており、原子炉補助建屋はF_c=26.5(N/mm²)、乾式貯蔵建屋はF_c=30(N/mm²)であるため、値が異なっています。</p>  <p>【注】 γ : コンクリートの気乾単位体積重量 (kN/m³) で、特に調査しない場合は表 7.1 の数値から 1.0 を減じたものとすることができる。 F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)</p>	-

No.	分類	設工認申請書該当箇所等	確認事項	回答	添付資料
耐震-7	耐震	—	耐震評価で使用した許容限界（4000 μ 、静的・動的地震動）について、基本設計方針から添付資料までの展開が分かるような資料を作成すること。	使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の許容限界について、基本方針から耐震評価で使用した許容限界までの展開を資料②に示します。	資料②

No.	分類	設工認申請書該当箇所等	確認事項	回答	添付資料
キャスク-1	キャスク	資料13	乾式キャスクの除熱評価において、乾式キャスクの底部温度が100℃以上となっているが、乾式キャスクを設置した場合、コンクリート健全性を説明すること。	設工認申請書では、燃料からの発熱量や放熱条件等を保守的な条件で、乾式キャスクの除熱機能を評価し、底部温度100℃以上が算出されています。一方、建屋設計において熱流動解析を実施しており、当該結果からコンクリート温度が65℃を上回ることはなく、コンクリートの健全性に影響がないことを確認しています。	資料③
キャスク-2	キャスク	要目表	金属ガスケットの要目表における記載について、仕様に係る記載の追加を検討すること。	金属ガスケットの寸法については、発電用原子炉施設の工事計画に係る手続きガイドの使用済燃料貯蔵用容器の主要寸法例において、金属ガスケット等のシール材の寸法に係る記載がないことから、主要な寸法には該当せず、要目表への記載は不要と考えます。また、金属ガスケットの材料についても、同ガイドの要目表記載範囲である「機器の構造強度に影響を及ぼす機器の主たる部材」に該当しないことから、要目表への記載は不要と考えます。一方で、同ガイドの添付資料の記載範囲である「主となる部分以外のもの、詳細解析に必要となるもの」に該当するため、ご指摘を踏まえ、金属ガスケットの仕様について添付資料の資料111に示します。	—
キャスク-3	キャスク	基本設計方針	p. II-2-3-1 要目表の記載事項や添付図面上の記載について、会合で指摘した金属ガスケットに加えて対象部位として、トラニオンや伝熱フィン、それらの材料名の記載の追加・見直しを検討すること。(伝熱フィンは、内胴にあり、材料はSUS+伝熱フィンとなるのか。)	トラニオン及び伝熱フィンの材料については、発電用原子炉施設の工事計画に係る手続きガイドの要目表記載範囲である「機器の構造強度に影響を及ぼす機器の主たる部材」に該当しないことから、トラニオン及び伝熱フィンの材料について要目表への記載は不要と考えます。一方で、同ガイドの添付資料の記載範囲である「主となる部分以外のもの、詳細解析に必要となるもの」には該当するため、トラニオン及び伝熱フィンの材料名について、それぞれ添付資料の資料10-3-2-3及び資料13に記載しています。なお、伝熱フィンは資料13に記載の通り、側部中性子吸収材の充てん部(胴と外筒の間)に配置しています。	—

No.	分類	設工認申請書該当箇所等	確認事項	回答	添付資料
キャスク-4	キャスク	資料10	強度設計において、乾式キャスク及び貯蔵架台をクラス3容器及びクラス3容器の支持構造物として扱うことの妥当性を説明すること。 また、乾式キャスク及び貯蔵架台の設計が、使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則への整合の観点からも妥当であることを説明すること。	乾式キャスクの機器クラスは、技術基準規則第2条に基づきクラス3容器として整理しております。 強度評価においては、技術基準規則第17条と技術基準規則第26条2項第六号二において構造強度に係る要求があり、設計・建設規格、金属キャスク構造規格等により強度評価を実施しております。 本整理の妥当性及び使用済燃料貯蔵施設側の技術基準の評価要求事項との整合性について資料④に示します。	資料④
キャスク-5	キャスク	資料13	除熱評価における各部材の温度制限値及び評価結果一覧を資料13内にも記載すること。	ご指摘を踏まえ、添付資料の資料10-3別紙1に温度制限値を示します。 なお、資料13については、先行施設同様に技術基準規則第26条第2項第2号の規定に基づき、崩壊熱により燃料が溶融しないことを説明しております。一方で、各部材の評価結果については、技術基準規則第26条第2項第6号二の規定に基づき、各部材の温度環境等を踏まえた長期健全性に係る説明として、資料10-3別紙1に記載しており、資料13にもその旨を記載していることから、現行の記載が妥当と考えます。	—
キャスク-6	キャスク	使用済燃料乾式貯蔵容器の収納燃料の仕様に関する補足説明資料 (DSF-010)	p.1-1-2～ 17×17燃料A型15年冷却、B型17年冷却燃料の発熱量、放射線量の同等性を説明すること	17×17燃料A型15年冷却、B型17年冷却燃料の発熱量、放射線量の同等性について資料⑤に示します。	資料⑤
キャスク-7	キャスク	使用済燃料乾式貯蔵容器の収納燃料の仕様に関する補足説明資料 (DSF-010)	p.1-1-2～ 17×17燃料における20年冷却の回収ウラン燃料と15年冷却のウラン燃料との発熱量、放射線量の同等性を説明すること	17×17燃料における20年冷却の回収ウラン燃料と15年冷却のウラン燃料との発熱量、放射線量の同等性を資料⑥に示します。	資料⑥
キャスク-8	キャスク	資料11に係る補足説明資料 (DSF-010)	p.2-2-2-1 金属ガスケットの漏えい率について、メーカーカタログ値とは何か。また、このメーカーカタログ値を使用する妥当性を説明すること。	金属ガスケットの漏えい率の妥当性を資料⑦に示します。	資料⑦

No.	分類	設工認申請書該当箇所等	確認事項	回答	添付資料
キャスク-9	キャスク	資料13に係る補足説明資料 (DSF-010)	p.2-4-4 塗装のふく射率の設定根拠について、(キャスク底部熱逃げ熱量の算出と同様に)当該評価は、実績のある評価なのか。ある場合、その実績を示すとともに、実績が無い場合、当該評価が本申請において妥当であることを説明すること。	MSF-21P型キャスクの使用済燃料貯蔵施設に係る型式設計特定容器等の型式についての指定に係る審査において、同様の補足説明(平成29年4月5日面談資料 補足説明資料5-1)を行い、指定を受けています。	—
キャスク-10	キャスク	資料14に係る補足説明資料 (DSF-010)	p.2-5 バーナブルポイズン集合体の遮蔽解析における取扱いを説明すること。	バーナブルポイズン集合体については、補足説明資料 DSF-10の資料2-5-1に記載のとおり、放射化線源強度として考慮していますが、構造材としての遮蔽効果は無視しています。	—
キャスク-11	キャスク	資料10-2 資料10-3	乾式キャスクの強度評価について、技術基準規則第17条と技術基準規則第26条で評価している評価箇所とその選定の考え方を整理して説明すること。	17条、26条で評価している箇所の整理表を資料⑧に示します。	資料⑧
キャスク-12	キャスク	4/1 ヒア資料②-1	p.9 レジンの温度制限値の根拠の文献として引用しているレジンと、今回使用するレジンの仕様について、同等性を説明すること。	レジンの温度制限値の根拠の文献として引用しているレジンと、今回使用するレジンの仕様について、同等性を資料⑨に示します。	資料⑨

設計及び工事計画認可申請書における周辺施設の記載箇所について

分類	設備名称	施設分類	設備分類	設工認記載箇所		設計方針（記載内容）	
				基本設計方針 （要目表含む）	添付書類		
周辺施設	貯蔵建屋等	使用済燃料乾式貯蔵建屋	核燃料物質の貯蔵施設 放射線管理施設	基本設計方針設備 要目対象設備	p. II-6-3-1	—	補助遮蔽の要目表
					p. II-2-6-3, 4	—	兼用キャスク、周辺施設の位置づけ・構成
					p. II-2-6-3	添付図面 第2-1-1図～第2-1-3図	使用済燃料乾式貯蔵建屋の容量及び配置
					p. II-2-6-4	資料13 p. 資13-38 資料13 別添1全般	使用済燃料乾式貯蔵建屋の除熱設計（乾式キャスクの除熱機能を阻害しないこと）
					p. II-3-11-1～2	資料9-1 p. 資9-1-1	使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震設計（地盤）
					p. II-3-11-4, 26	資料9-1 p. 資9-1-3	使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震設計
					p. II-3-11-19～20	資料9-1 p. 資9-1-5～6 資料9-5全般 資料9-14全般	使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震設計（波及的影響）
					p. II-3-11-41	資料2-1 p. 資2-1-3	津波による損傷の防止に係る設計
					p. II-3-11-42～46, 48～50	資料2-1 p. 資2-1-2～4	自然現象及び人による事象による損傷の防止に係る設計（波及的影響を含む）
						資料2-2-2 p. 資2-2-2-1 資料2-2-3 p. 資2-2-3-3	竜巻による損傷の防止に係る設計（波及的影響を含む）
						資料2-3-2 p. 資2-3-2-1, 2 資料2-3-3 p. 資2-3-3-6	火山による損傷の防止に係る設計（波及的影響を含む）
						資料2-4 p. 資2-4-1, 2	外部火災による損傷の防止に係る設計（波及的影響を含む）
					p. II-3-11-52	資料4 p. 資4-6, 7	使用済燃料乾式貯蔵建屋の共用に係る設計
					p. II-3-11-53, 54, 56, 57	資料4 p. 資4-1～4	使用済燃料乾式貯蔵建屋の健全性に係る設計（波及的影響を含む）
	p. II-3-11-55	資料4 p. 資4-4	使用済燃料乾式貯蔵建屋の設計（波及的影響）				
	p. II-3-11-59	資料4 p. 資4-4～5	使用済燃料乾式貯蔵建屋の試験・検査に係る設計				
	p. II-6-3-1	添付図面 第3-1-1-1図～第3-1-1-8図	補助遮蔽の配置図				
		添付図面 第3-2-1-1図～第3-2-1-8図	補助遮蔽の構造図				
		p. II-6-4-1, 2	資料16 p. 資16-1, 3	補助遮蔽の設計			
	計装設備	使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計	核燃料物質の貯蔵施設	要目対象設備	p. II-2-3-9	—	使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計の要目表
添付図面 第2-2-3図						使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計の構造図	
資料11 p. 資11-16, 17 添付図面 第2-3-1図						使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計の配置図	
p. II-2-6-3, 4					—	兼用キャスク、周辺施設の位置づけ・構成	
p. II-2-6-4					資料11 p. 資11-13～15	使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計の構成	
					資料11 p. 資11-18, 19	使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計の計測範囲	
資料11 別添1 p. 資11 別添1-1					使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計の監視頻度に係る設計		
p. II-3-11-27		資料9-1 p. 資9-1-3	使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計の耐震設計				
p. II-3-11-19～20		資料9-1 p. 資9-1-5～6 資料9-5全般	使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計の耐震設計（波及的影響）				
使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計		核燃料物質の貯蔵施設	基本設計方針設備	p. II-2-6-3, 4	—	兼用キャスク、周辺施設の位置づけ・構成	
					資料13 p. 資13-39	使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計の構成	
					資料13 p. 資13-41	使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計の配置	
					資料13 p. 資13-42	使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計の監視頻度に係る設計	
					p. II-3-11-27	資料9-1 p. 資9-1-3	使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計の耐震設計
p. II-3-11-19～20	資料9-1 p. 資9-1-5～6 資料9-5全般	使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計の耐震設計（波及的影響）					

分類	設備名称	施設分類	設備分類	設工認記載箇所		設計方針（記載内容）	
				基本設計方針 （要目表含む）	添付書類		
周辺 施設	計装設備	使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気 温度計	核燃料物質の 貯蔵施設	基本設計方針設備	p. II-2-6-3, 4	—	兼用キャスク、周辺施設の位置づけ・構成
					p. II-2-6-4	資料13 p. 資13-40	使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計の構成
						資料13 p. 資13-41, 42	使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計の配置
						資料13 p. 資13-42	使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計の監視頻度に係る設計
					p. II-3-11-27	資料9-1 p. 資9-1-3	使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度の耐震設計
	p. II-3-11-19～20	資料9-1 p. 資9-1-5～6 資料9-5全般	使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度の耐震設計（波及的影響）				
	クレーン類	使用済燃料乾式貯蔵建屋 天井クレーン	核燃料物質の 貯蔵施設	基本設計方針設備	p. II-2-6-3, 4	—	兼用キャスク、周辺施設の位置づけ・構成
					—	資料10-3-2-1 p. 資10-3-2-1-7～9	使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンの構成・配置
					p. II-3-11-27	資料9-1 p. 資9-1-3	使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンの耐震設計
					p. II-3-11-19～20	資料9-1 p. 資9-1-5～6 資料9-5全般	使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンの耐震設計（波及的影響）
		使用済燃料乾式貯蔵容器 搬送台車	核燃料物質の 貯蔵施設	基本設計方針設備	p. II-2-6-3, 4	—	兼用キャスク、周辺施設の位置づけ・構成
					—	資料10-3-2-1 p. 資10-3-2-1-7～9	使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車の構成・配置
p. II-3-11-27					資料9-1 p. 資9-1-3	使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車の耐震設計	
p. II-3-11-19～20	資料9-1 p. 資9-1-5～6 資料9-5全般	使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車の耐震設計（波及的影響）					

分類	設備名称	施設分類	設備分類	設工認記載箇所		設計方針（記載内容）
				基本設計方針 （要目表含む）	添付書類	
兼用キャスク	使用済燃料乾式貯蔵容器 貯蔵架台 基礎ボルト 基礎 含む				—	使用済燃料乾式貯蔵容器の要目表
				p. II-2-3-1~8	添付図面 第2-1-1図~第2-1-3図	乾式キャスクの配置図
				p. II-2-3-1~8	添付図面 第2-2-1-1図~第2-2-2-2図	乾式キャスクの構造図
				p. II-2-6-3, 4	—	兼用キャスク、周辺施設の位置づけ・構成
				p. II-2-6-4	資料10-3全般	乾式キャスクの強度設計 （貯蔵架台の強度評価を含む）
				p. II-2-6-4	資料10-3 別紙1全般 資料11 p. 資11-2~11-12	乾式キャスクの長期健全性
				p. II-2-6-4	資料11 p. 資11-2~11-12	乾式キャスクの密封設計
				p. II-2-6-4	資料12全般	乾式キャスクの臨界防止設計
				p. II-2-6-4	資料13 p. 資13-2~37	乾式キャスクの除熱設計
				p. II-2-6-4	資料14全般	乾式キャスクの遮蔽設計
				p. II-3-11-1~2	資料9-1 p. 資9-1-2	乾式キャスクの耐震設計（地盤）
				p. II-3-11-3~4, 22	資料9-1 p. 資9-1-1~2 資料9-13-1-1全般	乾式キャスクの耐震設計（兼用キャスク）
				p. II-3-11-4, 22	資料9-1 p. 資9-1-2 資料9-12全般	乾式キャスクの耐震設計（基礎）
				p. II-3-11-6, 22	資料9-1 p. 資9-1-5 資料9-13-1-1全般	乾式キャスクの耐震設計（貯蔵架台、基礎ボルト）
				p. II-3-11-19~20	資料9-1 p. 資9-1-5~6 資料9-5全般	乾式キャスクの耐震設計（波及的影響）
				p. II-3-11-21	資料9-1 p. 資9-1-18	乾式キャスクの耐震設計（周辺斜面の崩壊）
				p. II-3-11-41	資料2-1 p. 資2-1-3	津波による損傷の防止に係る設計
				p. II-3-11-42, 45, 47~50	資料2-1 p. 資2-1-2, 4, 5	自然現象及び人為による事象による損傷の防止に係る設計
					資料2-2-2 p. 資2-2-2-1	竜巻による損傷の防止に係る設計
					資料2-3-2 p. 資2-3-2-1	火山による損傷の防止に係る設計
					資料2-4 p. 資2-4-1	外部火災による損傷の防止に係る設計
				p. II-3-11-52	資料4 p. 資4-6	乾式キャスクの共用に係る設計
				p. II-3-11-53~57	資料4 p. 資4-1~4	乾式キャスクの健全性に係る設計
				p. II-3-11-59	資料4 p. 資4-4~5	乾式キャスクの試験・検査に係る設計
				p. II-3-11-61	資料10-2-1 p. 資10-2-1-1	クラス3容器の強度設計（材料）
				p. II-3-11-61~63	資料10-2-2全般 資料10-2-3全般	クラス3容器の強度設計（構造及び強度）
				p. II-3-11-63~64	—	クラス3容器の強度設計（主要な耐圧部の溶接部）
				p. II-3-11-66	資料6 p. 資6-1, 2	乾式キャスクの溢水防護に係る設計

周辺施設
・兼用キャスク支持部
・基礎

核燃料物質の貯蔵施設

要目対象設備

使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の許容限界について

1. 概要

本資料では、乾式貯蔵建屋上屋の耐震評価で使用した地震力と許容限界について、基本方針から耐震評価で使用した許容限界までの展開を示す。

2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の施設区分ごとの許容限界

使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の施設区分は以下の2つに分類される。

- 1) 波及的影響を考慮すべき施設
- 2) Cクラス施設（生体遮蔽装置、火災区域構造物及び火災区画構造物）

以下、上記分類ごとに使用した地震力及び許容限界について、基本方針から耐震評価で使用した許容限界までの展開について示す。

1) 波及的影響を考慮すべき施設としての評価

第1-1図に波及的影響を考慮すべき施設としての評価について、基本方針のうち許容限界および地震力について記載している部分の抜粋を示す。

なお、波及的影響を考慮すべき施設としての評価で用いている許容限界「最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} 」は、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-18-17「外周コンクリート壁（1号機）の耐震計算書」において使用実績がある。なお、前述の資料は、外周コンクリート壁（1号機）が上位クラス施設である緊急時対策所（EL. 32m）に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

2) Cクラス施設としての評価

第1-2図にCクラス施設としての評価について、基本方針のうち許容限界および地震力について記載している部分の抜粋を示す。

資料 9-1 耐震設計の基本方針

3.2 波及的影響に対する考慮

～～（中略）～～

調査・検討等を行い、波及的影響を考慮すべき施設とした周辺施設等を、資料 9-4 「設計基準対象施設の耐震重要度分類の基本方針」の第 4-1 表及び第 4-2 表に示す。これらの下位クラス施設は、上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して耐震性を保持すること、又はその波及的影響を想定しても上位クラス施設の有する機能を保持することで波及的影響を防止するように設計する。この設計に適用する地震動についても同表に示す。

～～（中略）～～

以上の詳細な方針は、資料9-5「波及的影響に係る基本方針」に示す。

資料 9-5 波及的影響に係る基本方針

6. 波及的影響を考慮すべき周辺施設等の耐震設計方針

～～（中略）～～

6.3 設計用地震動又は地震力

波及的影響を考慮すべき周辺施設等においては、資料9-1「耐震設計の基本方針」の「4. 設計用地震力」に従い、施設の耐震評価に適用される地震動又は地震力を適用する。各施設の設計に適用する地震動又は地震力は、資料9-14-1「波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等の耐震評価方針」に示す。

～～（中略）～～

6.5 許容限界

波及的影響を考慮すべき周辺施設等の評価に用いる許容限界設定の考え方を、以下に示す。

6.5.1 建物・構築物

建屋・構築物について、施設の構造を保つことで、周辺施設等の損傷、転倒及び落下による波及的影響を防止する場合は、終局耐力を許容限界として設定する。評価に適用する許容限界は、資料9-14-1「波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等の耐震評価方針」に示す。

第 1-1 図(1/2) 添付資料抜粋(波及的影響を考慮すべき施設としての評価)

資料 9-14-1 波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等の耐震評価方針

3.3 設計用地震動又は地震力

使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の評価に用いる設計用地震動又は地震力については、資料9-5「波及的影響に係る基本方針」に基づき、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に適用する地震動又は地震力として、基準地震動 S_s を適用する。

～～（中略）～～

3.5 許容限界

～～（中略）～～

3.5.1 建物・構築物

資料9-5「波及的影響に係る基本方針」の「6.5 許容限界」に基づき、終局耐力を許容限界として、鉄筋コンクリート造耐震壁を主要構造とする建物・構築物についてはJEAG4601に基づく最大せん断ひずみを設定することを基本とする。

また、使用済燃料乾式貯蔵容器等の耐震評価部位が、衝突荷重を受ける場合、資料9-9「機能維持の基本方針」に示す許容値を満足するよう設定する。

第 1-1 図(2/2) 添付資料抜粋(波及的影響を考慮すべき施設としての評価)

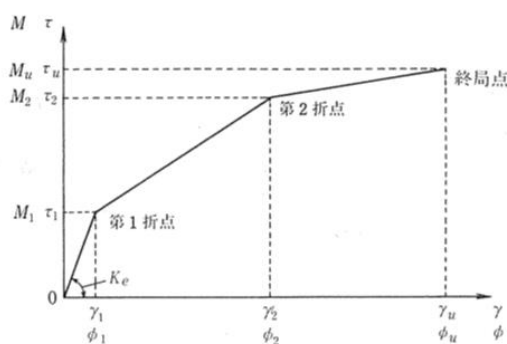


図 5.2.5-2 トリリニアール・スケルトンカーブ

ここに、 n :ヤング係数比、 σ_H :横方向軸圧縮応力である。対応するせん断ひずみは以下のように定める。

$$\gamma_H = 4.0 \times 10^{-3} \dots\dots\dots (5.2.5-12)$$

<参考> JEAG4601 に基づく最大せん断ひずみ
(JEAG4601-1987 pp. 354 より抜粋)

資料 9-1 耐震設計の基本方針

2. 耐震設計の基本方針

2.1 基本方針

～～（中略）～～

(2) 設計基準対象施設は、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）に応じて、耐震重要度分類をSクラス、Bクラス及びCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力に十分耐えられる設計とする。なお、使用済燃料乾式貯蔵容器の周辺施設の設計については、Cクラス施設に準じるものとする。

～～（中略）～～

(7) Bクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計とする。また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行う。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動Sdに2分の1を乗じたものとする。なお、当該地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとし、Sクラス施設と同様に許容限界の範囲内に留まることを確認する。

Cクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計とする。

5. 機能維持の基本方針

～～（中略）～～

5.1 構造強度

発電用原子炉施設は、設計基準対象施設の耐震重要度分類に応じた地震動に伴う地震力による荷重と地震力以外の荷重の組合せを適切に考慮した上で、構造強度を確保する設計とする。また、変位及び変形に対し、設計上の配慮を行う。自然現象に関する組合せは、資料2-1「発電用原子炉施設の自然現象等への配慮に関する説明書」に従う。具体的な荷重の組合せと許容限界は資料9-9「機能維持の基本方針」の第3-1表に示す。

第 1-2 図(1/2) 添付資料抜粋(Cクラス施設としての評価)

機資料9-9 機能維持の基本方針

3. 構造強度

3.1 構造強度上の制限

～～（中略）～～

第3-1表 荷重の組合せ及び許容限界

(1) 建物・構築物

	耐震クラス	荷重の組合せ	許容限界	
			建物・構築物	基礎地盤の支持性能
建物・構築物	Sクラスの 間接支持構 造物	$G+P+K_S$	部材に生じる応力が終局耐力に対し適切な安全余裕を有していること若しくは部材に生じる応力又はひずみがCCV規格における荷重状態IVの許容値を超えないこととする。	地盤の極限支持力度に対して適切な安全余裕を持たせる。
	Cクラス	$G+P+K_C$	部材に生じる応力が <u>短期許容応力度に基づく許容値</u> を超えないこととする。	地盤の短期許容支持力度とする。

[記号の説明]

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K_S : 基準地震動 S_s による地震力

K_C : 耐震Cクラスの施設に適用される静的地震力

第 1-2 図 (2/2) 添付資料抜粋 (Cクラス施設としての評価)

【ご指摘事項】

乾式キャスクの除熱評価において、乾式キャスクの底部温度が 100℃以上となっているが、乾式キャスクを設置した場合、コンクリート健全性を説明すること。

弊社回答

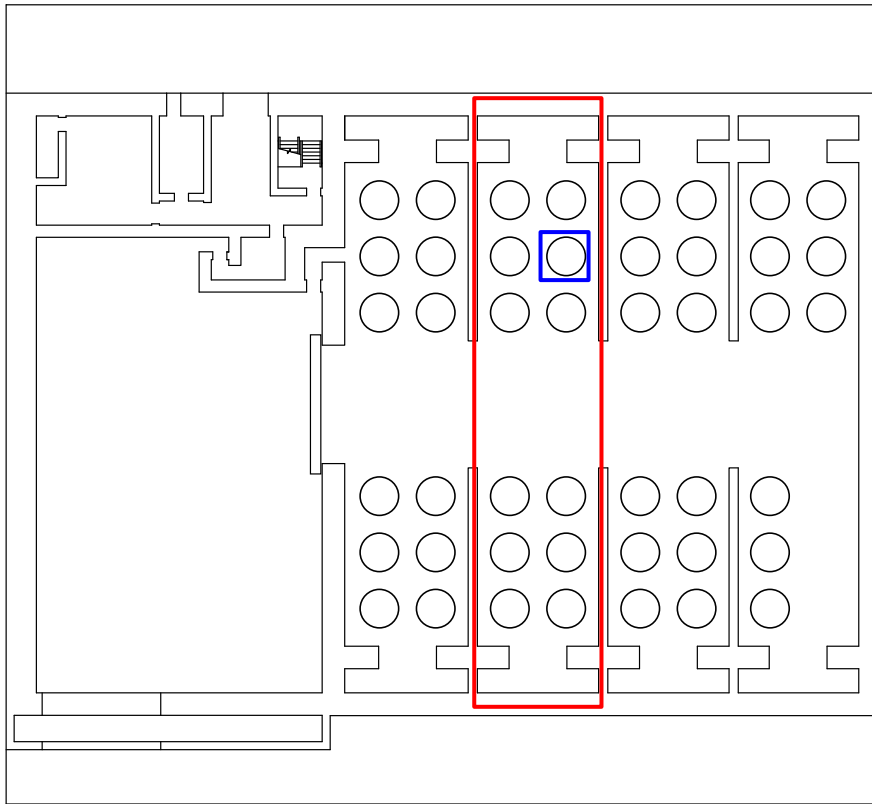
乾式貯蔵建屋の設計にあたって、乾式キャスクからの熱伝達を考慮した貯蔵エリアの三次元モデルを用い、表 1 の条件で ANSYS FLUENT コード (Ver. 16.2) による直接床面温度の評価を実施している。評価範囲及び床面のコンクリート温度分布図を図 1 に示す。

乾式キャスクを設置した床面のコンクリート温度は 6.5℃以下 (約 5.9℃) となり、健全であると考えられる。

表 1 三次元モデルを用いた評価条件

項目	設定条件	設定条件の考え方
給気温度	33℃	冷暖房設計用乾球温度・露点温度における TAC2.5%温度*の最高温度 (空気調和・衛生工学便覧[第 14 版])
発熱量 (乾式キャスク 1 基あたり)	16.0kW	発熱量の高い乾式キャスク (タイプ 2) の最大崩壊熱量 (15.8kW) を保守側に切り上げ

*TAC2.5%温度とは、夏季 (6~9 月) のうち高温側 2.5% (約 73 時間) は、その温度を超過することを許容する温度である。



- : 三次元モデルの評価範囲
- : コンクリート温度が最大となるキャスク位置
(温度分布は下図参照)

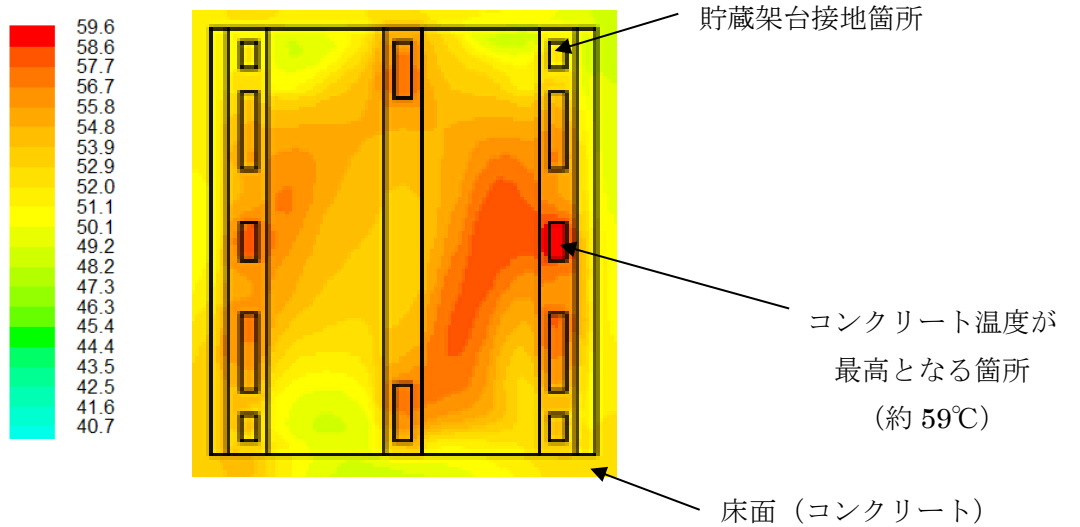


図1 熱流動解析の評価範囲及び床面コンクリート温度分布

以上

使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵架台のクラス分類について

1. はじめに

使用済燃料乾式貯蔵容器（以下、「乾式キャスク」という）の貯蔵架台については、乾式キャスクの支持構造物として設計するため、乾式キャスクの機器クラス分類に整合したクラス分類としている。

ここで、乾式キャスクの機器クラスについては、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則第二条の定義よりクラス1機器、クラス2機器及び原子炉格納容器等以外の設計基準対象施設に属する容器であるため、クラス3機器（クラス3容器）と分類している。なお、具体的系統及び機器は「設計・建設規格」の解説による。（別紙1参照）

このため、貯蔵架台についても、クラス3支持構造物として分類し設計している。

今回、貯蔵架台をクラス3支持構造物として設計することの妥当性について、強度設計の観点及び「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」との整合の観点で説明する。

2. 貯蔵架台の強度設計

(1) クラス3支持構造物に対する強度評価について

設計・建設規格において、クラス3支持構造物に対する強度評価として、一次応力に対する評価が要求されており、クラス1支持構造物と比較すると、表1のとおり差異がある。

表1 クラス3支持構造物とクラス1支持構造物の各応力に対する許容応力の比較

			クラス3支持構造物	クラス1支持構造物
供用状態A及びB	一次応力	引張応力	引張応力 $\leq f_t$	引張応力 $\leq f_t$
		せん断応力	せん断応力 $\leq f_s$	せん断応力 $\leq f_s$
		圧縮応力	圧縮応力 $\leq f_c$	圧縮応力 $\leq f_c$
		曲げ応力	曲げ応力 $\leq f_b$	曲げ応力 $\leq f_b$
		支圧応力	支圧応力 $\leq f_p$	支圧応力 $\leq f_p$
		組合せ応力	組合せ応力 $\leq f_t$	組合せ応力 $\leq f_t$
	一次応力＋二次応力	引張応力	—	引張応力 $\leq 3f_t$
		圧縮応力		圧縮応力 $\leq 3f_t$
		せん断応力		せん断応力 $\leq 3f_s$
		曲げ応力		曲げ応力 $\leq 3f_b$
		支圧応力		支圧応力 $\leq 1.5f_p$
		座屈応力		座屈応力 $\leq 1.5f_s$ or $1.5f_c$

(2) 貯蔵架台における応力評価について

貯蔵架台の設置状況を別紙2の図1に示す。貯蔵架台には各部の自重、ボルトの初期締め付け力等による一次応力（せん断応力、支圧応力、圧縮応力）が作用するため、各応力に対して応力評価を実施する必要がある。一方、二次応力については、次の理由から先行と同様に乾式キャスクの温度変化による応力は無視できる。

<乾式キャスクによる熱応力>

- ・乾式キャスク底部と貯蔵架台の嵌合部は隙間があり熱応力は発生しない
- ・トラニオンと固定装置との拘束については、トラニオンの線膨張係数が大きく、トラニオンと固定装置との熱収縮差により拘束力は緩和される

<貯蔵架台と床との拘束による熱応力>

- ・貯蔵架台と床（コンクリート）との拘束については、貯蔵架台（炭素鋼）と床（コンクリート）との線膨張係数に差がなく、貯蔵架台の熱収縮によって床との拘束力は生じないことから熱応力は無視できる

よって、貯蔵架台における応力評価結果は表2のとおりとなり、一次応力と一次応力+二次応力の計算値は同じとなる。また、一次応力+二次応力の評価では、一次応力の評価に比べて許容値が大きくなることから、裕度は大きくなる。

表2 貯蔵架台の応力評価結果（貯蔵時）（タイプ1の例）（単位：MPa）

部位	応力分類	評価位置*	クラス3支持構造物			(参考)クラス1支持構造物					
			一次応力			一次応力			一次応力+二次応力		
			計算値	許容値	計算値/許容値	計算値	許容値	計算値/許容値	計算値	許容値	計算値/許容値
貯蔵架台	せん断応力	図1 ①	3	89	0.04	3	89	0.04	3	269	0.02
	支圧応力	図2 ②	4	291	0.02	4	291	0.02	4	436	0.01
		図2 ③	12	291	0.05	12	291	0.05	12	436	0.03
	圧縮応力	図2 ④	12	155	0.08	12	155	0.08	12	466	0.03
トラニオン押さえ	支圧応力	図3 ⑤	10	316	0.04	10	316	0.04	10	474	0.03

※：評価位置については、別紙2に示す。

(3) まとめ

以上から、貯蔵架台の強度設計については、クラス3容器を支持するクラス3支持構造物として設計することで、問題なく構造健全性が評価できるため妥当と考える。

3. 使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則との整合

(1) 使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則に対する貯蔵架台の設計

使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則の要求事項のうち、貯蔵架台に係る材料及び構造に対して、弊社の貯蔵架台の設計が要求事項を満たしていることを示す。

ここで、同規則での材料及び構造に係る要求は、第十四条が該当するため、当該規則及び解釈に対しての弊社貯蔵架台の設計を別紙3に示す。

別紙3から、弊社の貯蔵架台の設計が、使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則第十四条に対しても要求事項を満たしていることが分かる。

(2) 使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則におけるクラス分類

使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則において、クラス分類の要求自体はないが、乾式キャスクの同規則第十四条（材料及び構造）への適合を示す方法として、同解釈の別記の（1）を適用する場合には、設計・建設規格等のクラス1容器の規定によることが求められている。一方、同解釈の別記の（2）を適用する場合には、金属キャスク構造規格の密封容器等によることが求められている。

また、貯蔵架台のクラス分類については、規則及び解釈において言及はない。

ここで、別記の（1）を採用する場合においては、容器のクラス分類に応じて貯蔵架台をクラス1支持構造物として分類することは、整合の取れた考え方と考えられる。一方、別記の（2）を採用する場合においては、乾式キャスクのクラス分類がないため、貯蔵架台においても、クラス分類によらず（クラス1支持構造物と分類する必要が無く）、適切な方法で同規則の十四条への適合を示すことが妥当と考える。

弊社の設計においては、乾式キャスクの設計は、金属キャスク構造規格に則って設計するとともに、1のとおり設計・建設規格のクラス3容器としても設計しているため、貯蔵架台においては、クラス3支持構造物として分類し、その構造健全性を評価している。

表3 クラス分類整理

		クラス分類等	
		乾式キャスク	貯蔵架台
使用済燃料貯蔵施設の 技術基準に関する規則	別記の（1）	クラス1容器	クラス1支持構造物
	別記の（2）	密封容器等	クラス指定なし
実用発電用原子炉及びその附属施設の 技術基準に関する規則（弊社設計）		クラス3容器 密封容器等	クラス3支持構造物

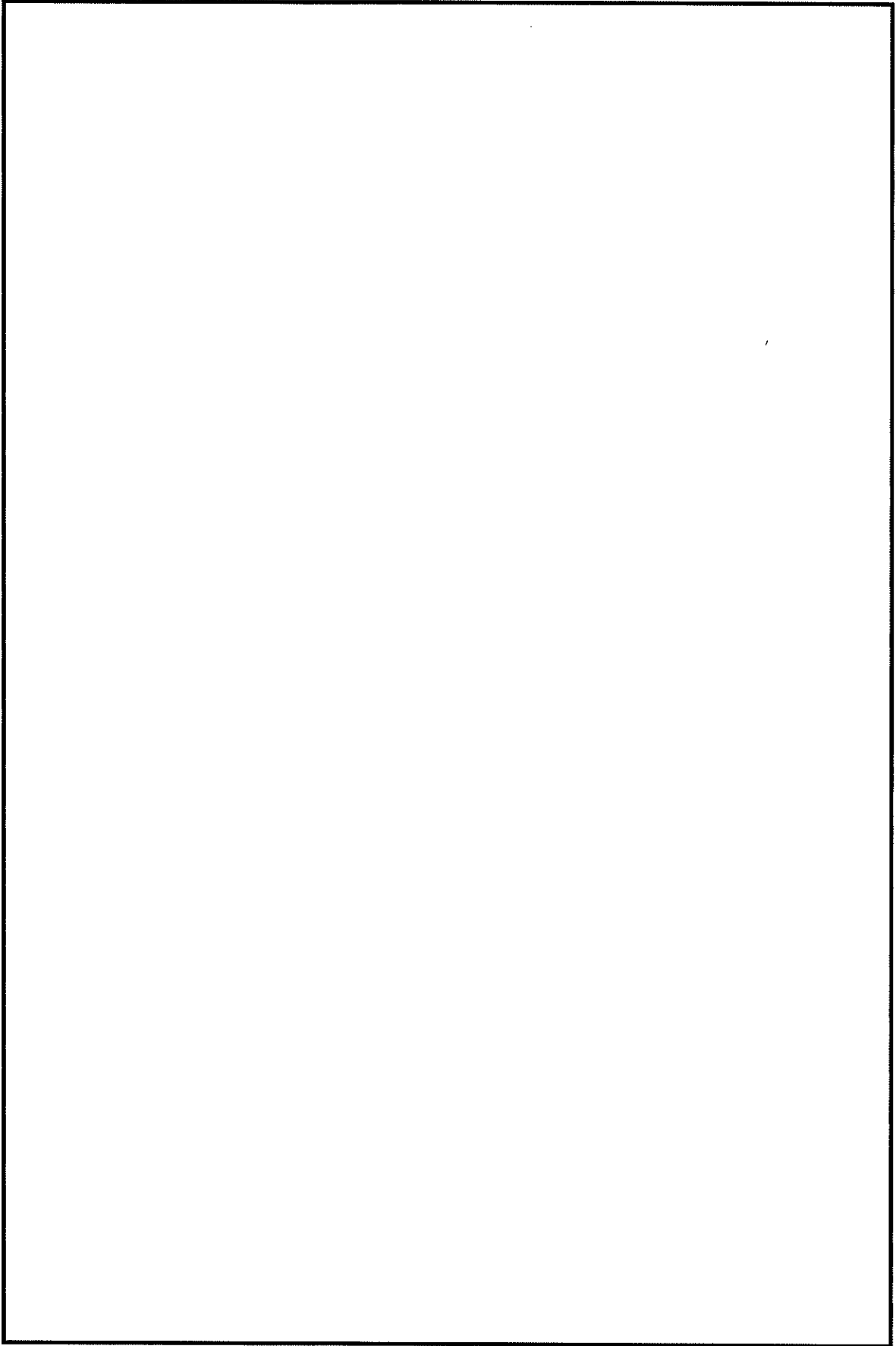
(3) まとめ

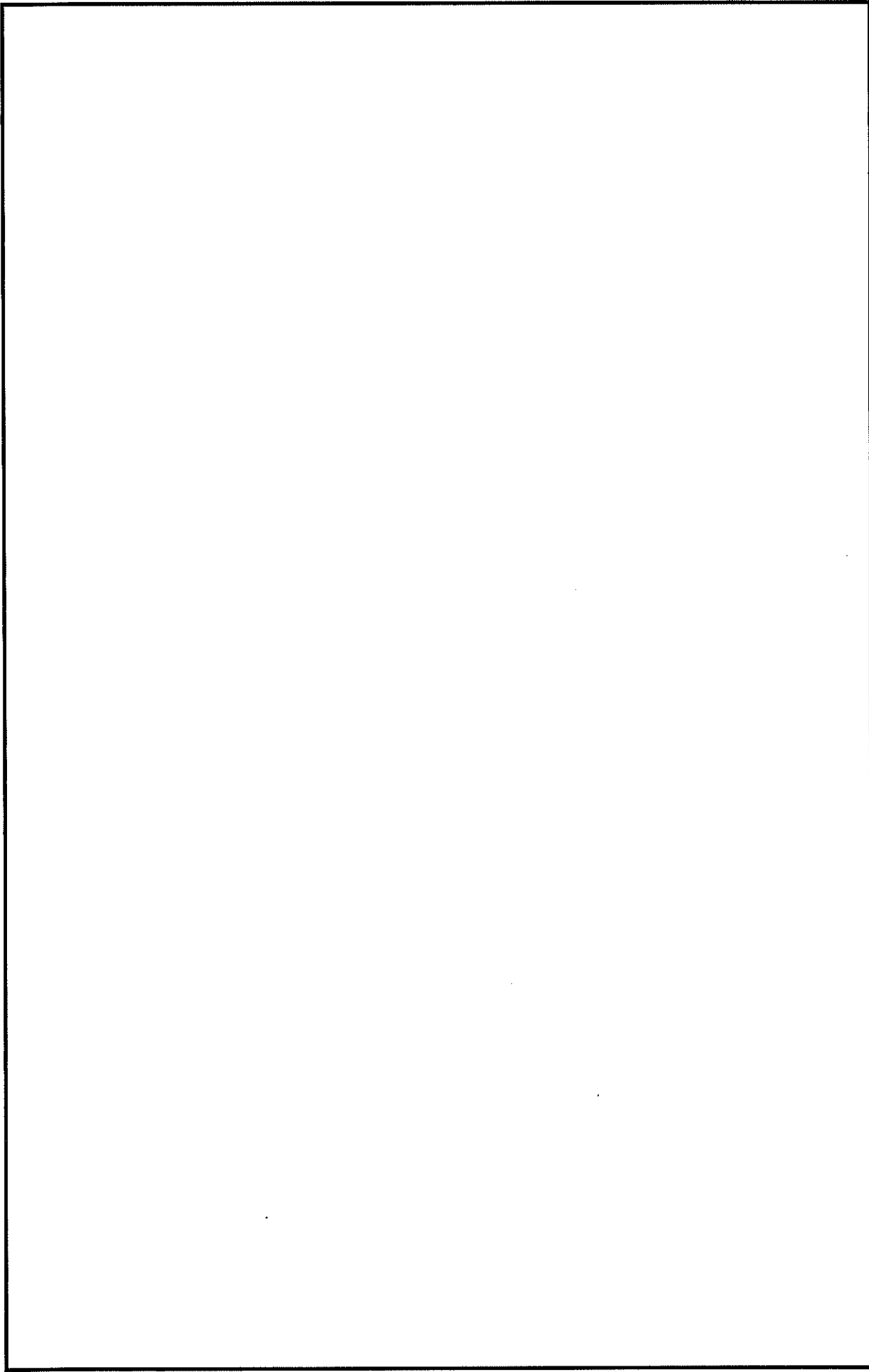
以上から、弊社の貯蔵架台においては、使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則の要求事項を満足しているとともに、そのクラス分類についても、特段のクラス指定がないため、クラス3支持構造物に分類し、評価・設計することは、使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則に整合していると考ええる。

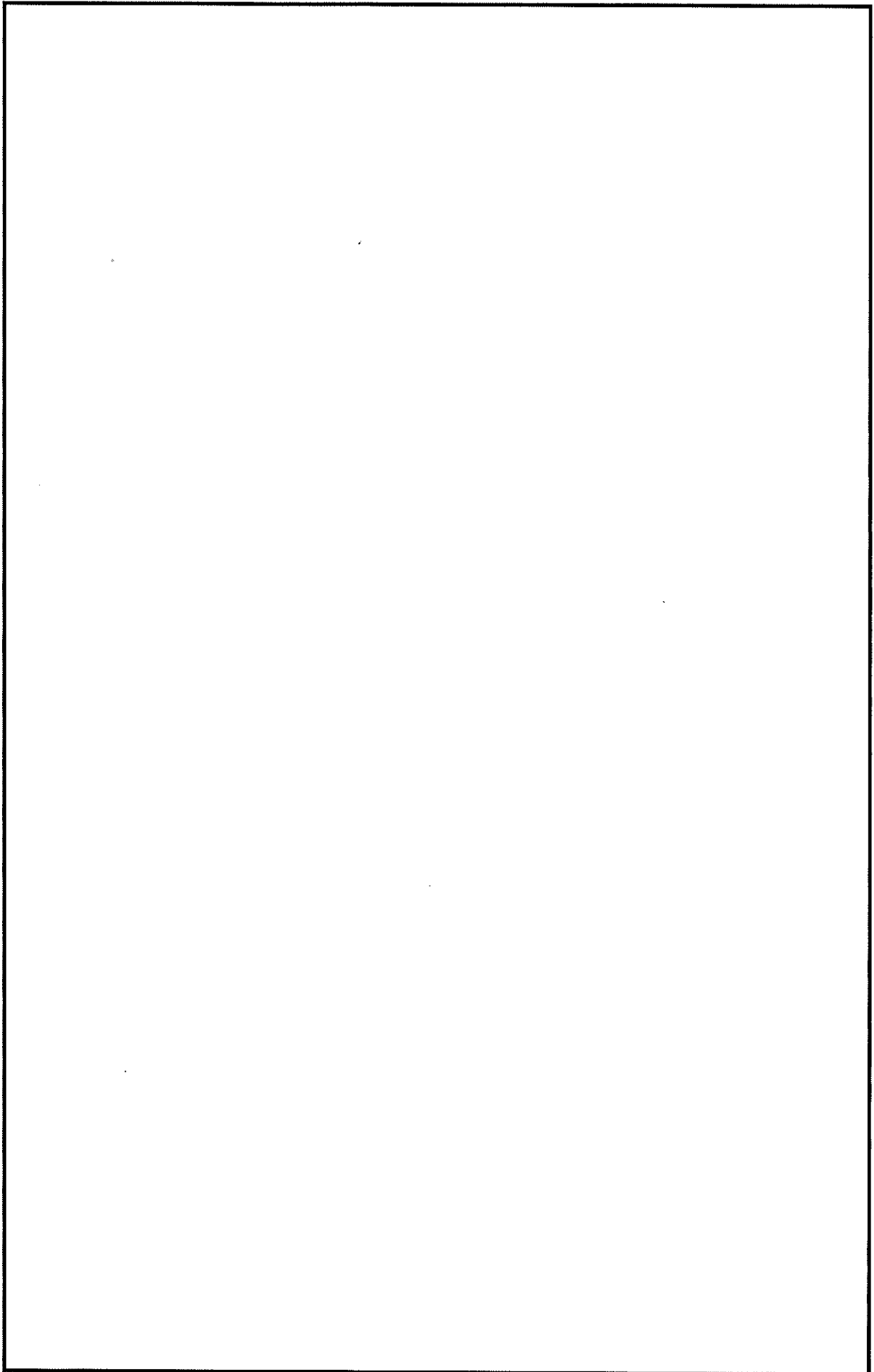
4. 結論

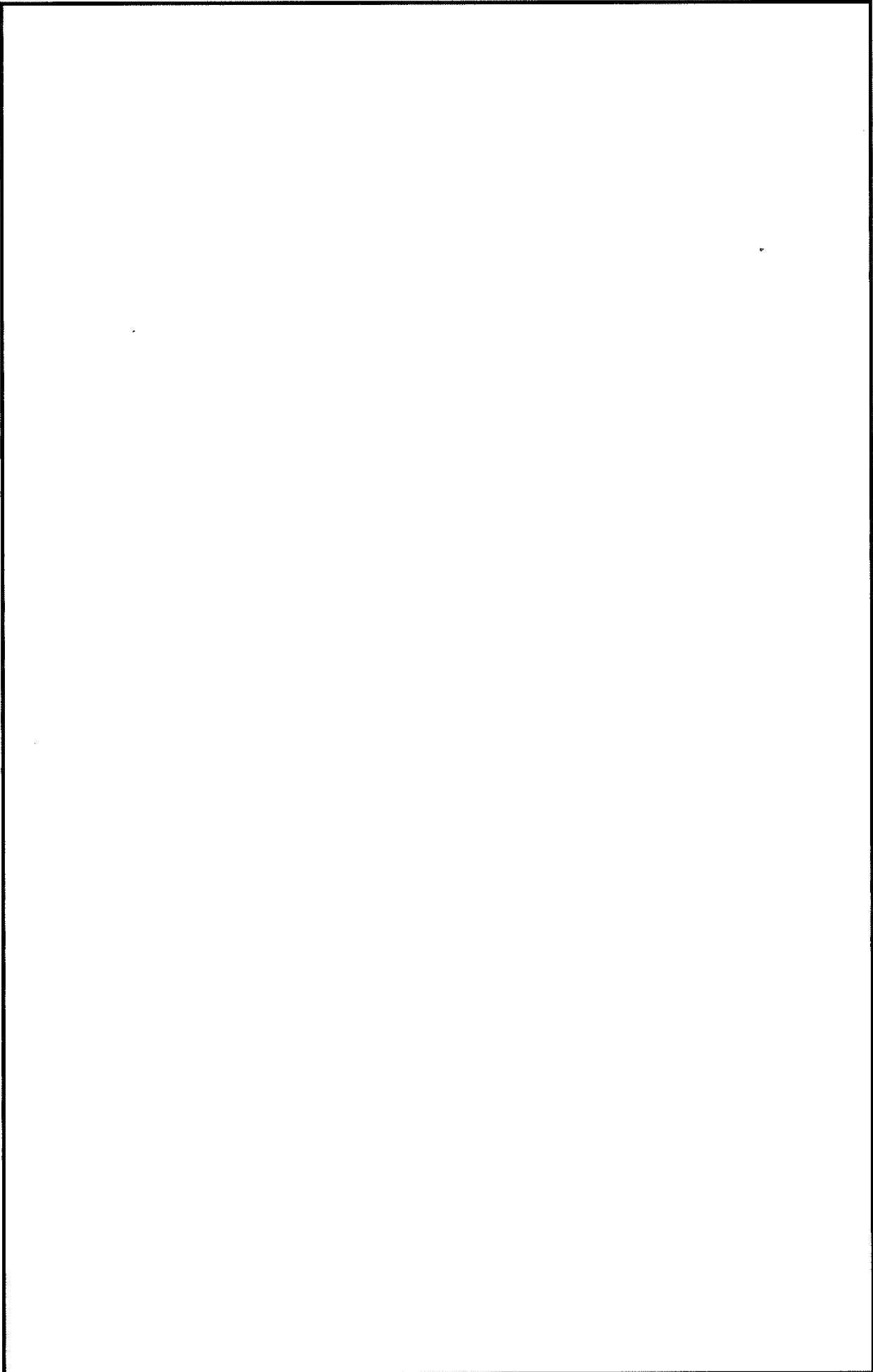
2、3から、発電用原子炉施設として、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則に従い、貯蔵架台をクラス3支持構造物として設計することは、強度設計の観点から妥当であり、使用済燃料貯蔵施設ではないが、使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則への整合の観点からも妥当であると考ええる。

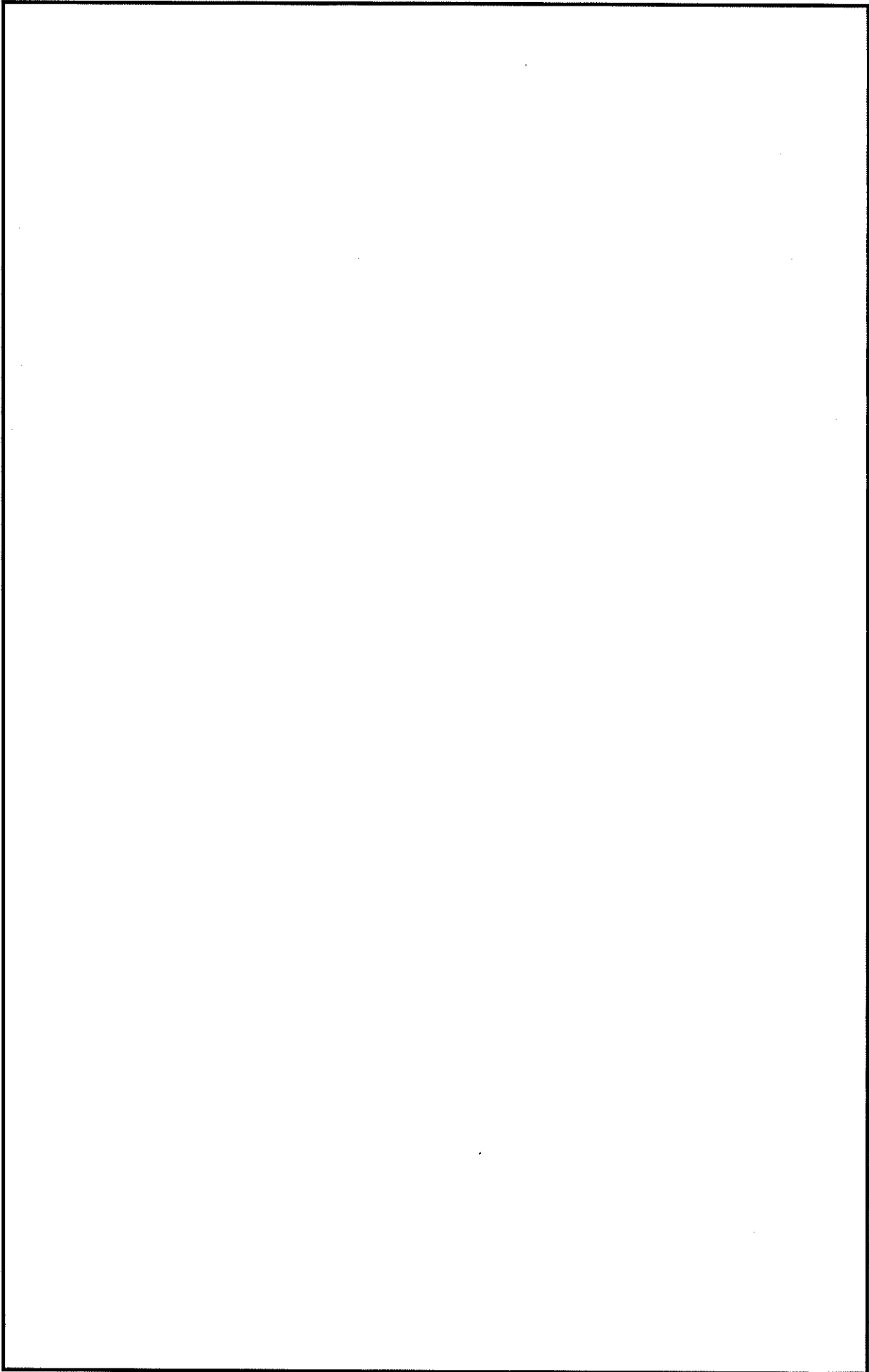
以上

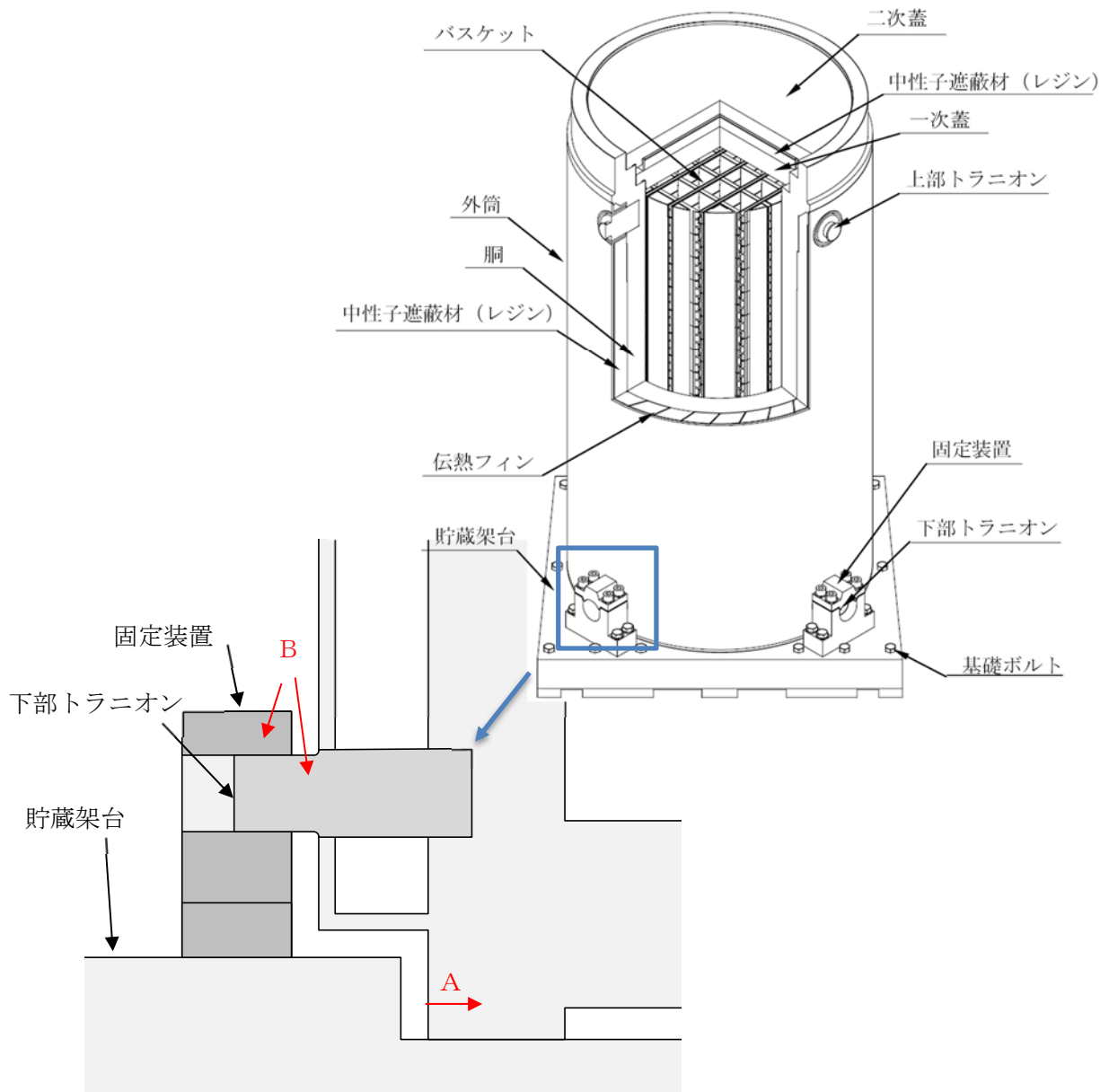












- A : 乾式キャスク底部が熱膨張している状態で設置するため、その後の使用済燃料の発熱量低下に伴う乾式キャスクの熱収縮においてキャスクは貯蔵架台へ応力を与えない
- B : 乾式キャスク底部が熱膨張している状態で設置するため、その後の使用済燃料の発熱量低下に伴う乾式キャスクの熱収縮において、キャスクは固定装置へ応力を与えない

図1 貯蔵架台の設置状況

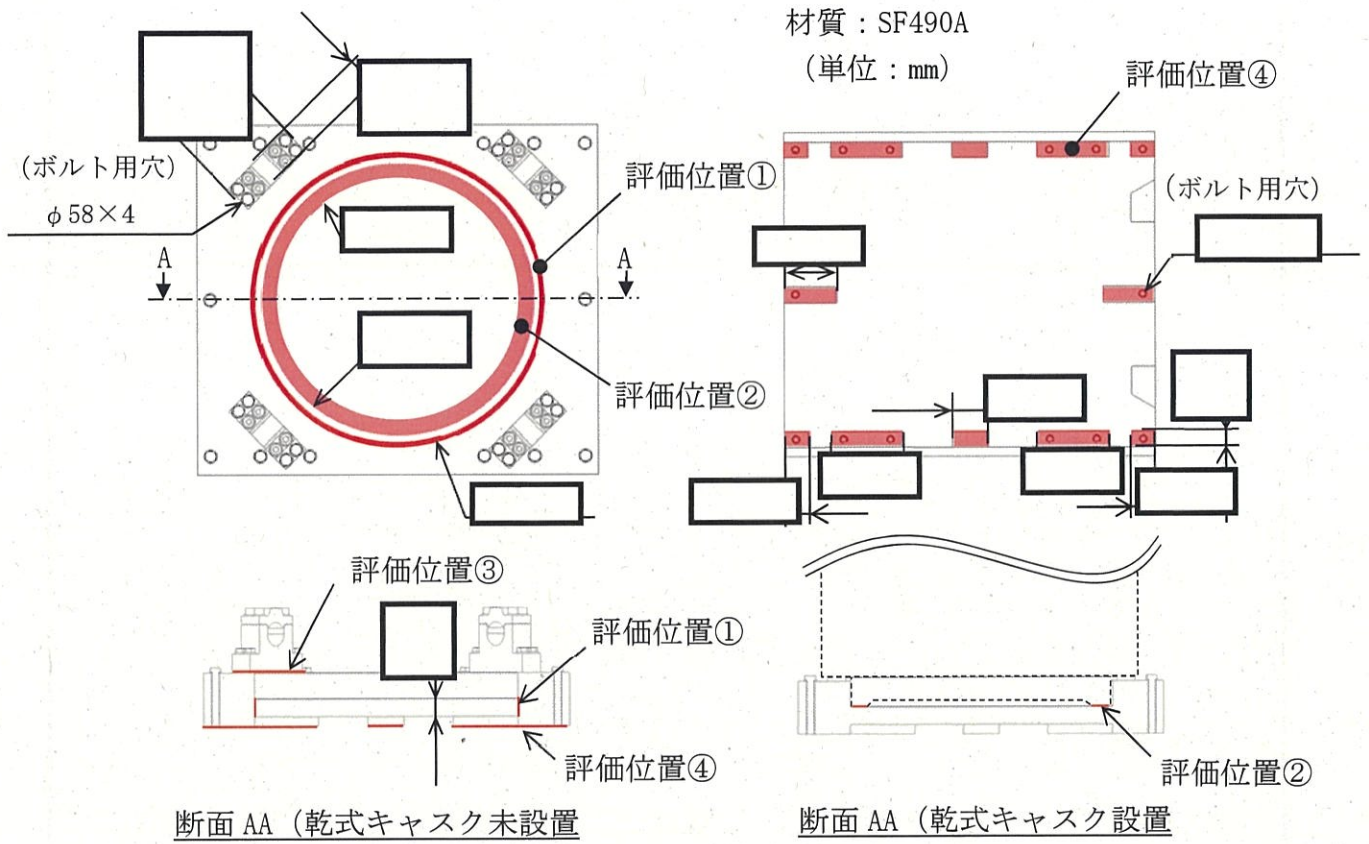


図2 貯蔵架台の形状・寸法・材料・応力評価位置

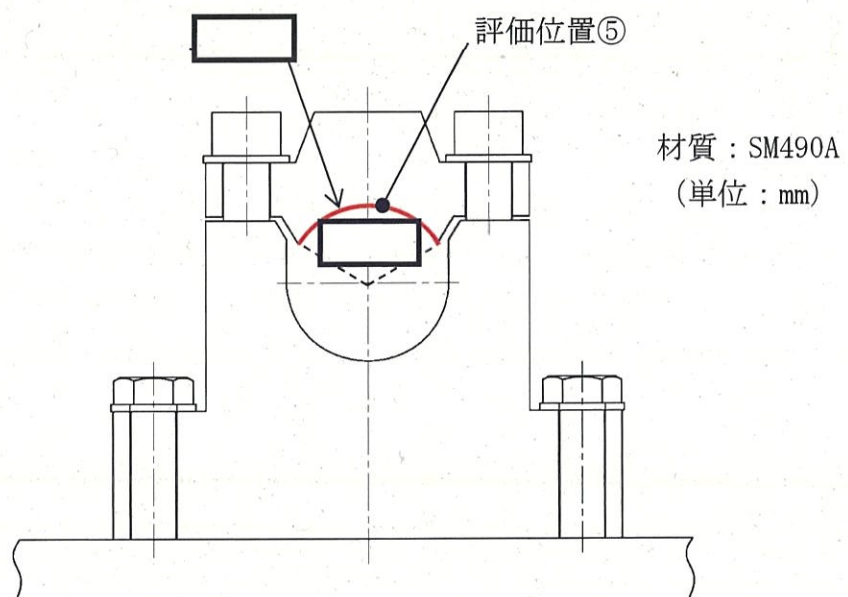


図3 トラニオン押さえの形状・寸法・材料・応力評価位置

使用済燃料貯蔵施設に関する規則	使用済燃料貯蔵施設に関する規則の解釈	要求事項を満足しているか否か	理由
<p>(材料及び構造) 第十四条 使用済燃料貯蔵施設に属する容器、管及びこれらの支持構造物のうち、使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で必要なもの（以下この項において「容器等」という。）の材料及び構造は、次に掲げるところによらなければならない。この場合において、第一号及び第三号の規定については、法第四十三条の九第二項に規定する使用前事業者検査の確認を行うまでの間適用する。 一 容器等に使用する材料は、次に掲げるところによるものであること。</p>	<p>第14条 (材料及び構造) 1 第1項第1号ロ及びハの適切な破壊じん性を有することの確認において、板厚の薄い材料や脆性破壊が問題とならないことが明白な材料については機械試験による確認に代えて寸法や材質により確認することができる。</p>	-	冒頭宣言
<p>イ 容器等が、その使用される圧力、温度、水質、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的組成（使用中の応力その他の使用条件に対する適切な耐食性を含む。）を有すること。</p>		○	資料10-3にて評価を実施
<p>ロ 使用済燃料等を閉じ込めるための容器（以下この項において「密封容器」という。）に使用する材料にあっては、当該密封容器が使用される圧力、温度、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な破壊じん性を有することを機械試験その他の評価方法により確認したものであること。</p>		-	密封容器に対する要求
<p>ハ 管及び支持構造物に使用する材料にあっては、当該管及び支持構造物の最低使用温度に対して適切な破壊じん性を有することを機械試験その他の評価方法により確認したものであること。</p>		○	貯蔵架台には以下の理由から破壊じん性に係る試験は不要である。 ○発熱量を有する乾式キャスクを支持することから、破壊じん性が問題となるような低温とはならない。 ○貯蔵中は静置されており、熱応力等による二次応力等や衝撃荷重が発生しない。
<p>ニ 有害な欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。</p>		○	弊社の支持構造物は板材、鍛造品及びボルトで構成されるが、設計建設規格のクラス1支持構造物においても、板材や鍛造品には、非破壊試験要求は無く、非破壊試験要求のあるボルトについては、弊社の調達において、非破壊試験を要求する。
<p>二 容器等の構造及び強度は、次に掲げるところによるものであること。</p>		-	冒頭宣言
<p>イ 取扱い時及び貯蔵時において、全体的な変形を弾性域に抑えること。</p>	<p>2 第1項第2号イに規定する「全体的な変形を弾性域に抑えること」とは、構造上の全体的な変形を弾性域に抑えることに加え、材料の引張り強さに対しても十分な構造強度を有することをいう。 3 第1項第2号イ及びロの適用に当たっては、解析により以下を確認すること。 (1) イの「全体的な変形を弾性域に抑える」とは、一般部に加え、構造不連続部にあっても塑性変形を許容しないこと。</p>	○	資料10-3にて評価を実施
<p>ロ 密封容器にあっては、破断延性限界に十分な余裕を有し、金属キャスクに要求される機能に影響を及ぼさないこと。また、閉じ込め機能（事業許可基準規則第2条第2項第3号ハに規定する閉じ込め機能をいう。）を担保する部位（ハにおいて「密封シール部」という。）については、変形を弾性域に抑えること。</p>	<p>(2) ロの「破断延性限界に十分な余裕を有し」とは、箇所限定なしに塑性変形が生ずることを許容するが、構造体の著しい機能喪失に至るような塑性変形は許容しないこと。</p>	-	密封容器に対する要求
<p>ハ 密封容器にあっては、試験状態において、全体的な塑性変形が生じないこと。また、密封シール部については、変形を弾性域に抑えること。</p>		-	密封容器に対する要求
<p>ニ 密封容器及び支持構造物にあっては、取扱い時及び貯蔵時において、疲労破壊が生じないこと。</p>		○	貯蔵中は静置され、取扱は保守的に想定しても10回であり、かついずれの状態でも小さな負荷荷重（12MP程度（貯蔵架台脚部））であることから、疲労破壊は生じない。 なお、設計建設規格のクラス1支持構造物において、疲労評価要求はない。
<p>ホ 取扱い時及び貯蔵時において、座屈が生じないこと。</p>		○	資料10-3の評価結果から座屈が生じないことを確認 (資料10-3-3-9：貯蔵架台脚部の圧縮応力12MPa<許容圧縮応力(座屈しない応力)134MPa)
<p>三 密封容器の主要な耐圧部の溶接部（溶接金属部及び熱影響部をいう。以下この号において同じ。）は、次に掲げるところによるものであること。</p>	<p>4 第1項第3号に規定する「主要な耐圧部の溶接部」とは、次の各号に掲げる容器又は管の溶接部をいう。 (1) 使用済燃料貯蔵設備本体、廃棄施設、放射線管理施設若しくは使用済燃料貯蔵設備の附属施設に属する容器又はこれらの施設に属する外径61mm（最高使用圧力が98kPa未満の管にあっては、100mm）を超える管であって、その内包する放射性物質の濃度が37mBq/cm³（その内包する放射性物質が液体中にある場合は、37kBq/cm³）以上のもの (2) 使用済燃料貯蔵設備本体、廃棄施設、放射線管理施設若しくは使用済燃料貯蔵設備の附属施設に属する容器又はこれらの施設に属する外径150mm以上の管であって、その内包する放射性物質の濃度が37mBq/cm³（その内包する放射性物質が液体中にある場合は、37kBq/cm³）未満のものうち、次に定める圧力以上の圧力を加えられる部分（以下「耐圧部分」という。）について溶接をするもの イ 水用の容器又は管であって、最高使用温度が100℃未満のものについては、最高使用圧力1,960kPa ロ イに掲げる容器以外の容器については、最高使用圧力98kPa以上ハ イに掲げる管以外の管については、最高使用圧力980kPa（長手継手の部分にあっては、490kPa）</p>	-	密封容器に対する要求
<p>イ 不連続で特異な形状でないものであること。</p>	<p>5 第1項第3号イに規定する「不連続で特異な形状でないもの」とは、溶接部の設計において、溶接部の開先等の形状に配慮し、鋭い切欠き等の不連続で特異な形状でないものをいう。</p>	-	密封容器に対する要求
<p>ロ 溶接による割れが生ずるおそれなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを、非破壊試験により確認したものであること。</p>	<p>6 第1項第3号ロに規定する「溶接による割れが生ずるおそれなく」とは、溶接後の非破壊試験において割れがないことに加え、溶接時の有害な欠陥により割れが生ずるおそれがないことをいう。 7 第1項第3号ロに規定する「非破壊試験」とは、放射線透過試験、超音波探傷試験、磁粉探傷試験、浸透探傷試験、目視試験等をいう。</p>	-	密封容器に対する要求
<p>ハ 適切な強度を有するものであること。</p>	<p>8 第1項第3号ハに規定する「適切な強度を有する」とは、母材と同等以上の機械的強度を有するものであることをいう。</p>	-	密封容器に対する要求
<p>ニ 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したもにより溶接したものであること。</p>		-	密封容器に対する要求
<p>2 使用済燃料貯蔵施設に属する容器及び管のうち、使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で重要なものは、適切な耐圧試験又は漏えい試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないように設置されたものでなければならない。</p>	<p>9 第1項第1号から第3号までの規定に適合する材料及び構造並びに第2項の規定に適合する耐圧試験及び漏えい試験は、次に掲げる規定のいずれかに適合したものをいう。 (1) 日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012年版）（JSME S NC1-2012）（以下「設計・建設規格」という。）」、日本機械学会「発電用原子力設備規格 材料規格（2012年版）（JSME S NJ1-2012）」（以下「材料規格」という。）」、日本機械学会「発電用原子力設備規格溶接規格（2012年版（2013年版を含む。））（JSME S NB1-2012/2013）（以下「溶接規格」という。）」及び日本機械学会「使用済燃料貯蔵施設規格金属キャスク構造規格（2007年版）（JSME S FA1-2007）」（以下「金属キャスク構造規格」という。）の規定に、「金属キャスクの材料及び構造について（別記）」の要件を付したものの (2) 金属キャスク構造規格の規定に、「金属キャスクの材料及び構造について（別記）」の要件を付したものの</p>	-	密封容器及び管に対する要求

【ご指摘事項】

17×17燃料A型15年冷却、B型17年冷却燃料の発熱量、放射線量の同等性を説明すること

弊社回答

17×17燃料のA型15年冷却、B型17年冷却燃料についての発熱量、線源強度及び線量当量率の比較を下表に示す。

発熱量については17×17燃料のA型15年冷却がB型17年冷却より高い。

線源強度については、MSF-24P型外面の線量当量率に支配的な燃料有効部ガンマ線及び中性子の線源強度はA型15年冷却燃料が高い（放射化ガンマ線源強度のみB型が高い）。

線量当量率については、表面及び表面から1m離れた位置においてA型15年燃料が高い。

表 発熱量、線源強度及び線量当量率評価結果の比較

(金属キャスク1基当たり)

		A型15年冷却 燃料	B型17年冷却 燃料	基準値
発熱量 (kw)		15.8	15.2	-
線源強度 ^(注1)	燃料有効部ガンマ線 (photons/s)	1.073×10^{17}	1.007×10^{17}	-
	構造材放射化ガンマ線 ^(注2) (⁶⁰ Co TBq)	5.922×10^2	6.024×10^2	-
	燃料有効部中性子 ^(注3) (n/s)	1.205×10^{10}	1.120×10^{10}	-
線量当量率 最大値 ^(注1)	表面 (μ Sv/h)	1825.3	1719.9	2000
	表面から1m離れた位置 (μ Sv/h)	86.0	85.7	100

(注1) 中央部12体の燃焼度を48,000MWd/t、外周部12体の燃焼度を44,000MWd/tとした金属キャスク1基当たりの線源強度である。

(注2) バーナブルポイズン集合体の放射化線源を考慮した値である。

(注3) 記載値は実効増倍率 k_{eff} を考慮した全中性子源強度である。

【ご指摘事項】

17×17燃料における20年冷却の回収ウラン燃料と15年冷却のウラン燃料との発熱量、放射線量の同等性を説明すること。

弊社回答

17×17燃料における回収ウラン燃料及び通常のウラン燃料について、それぞれ20年及び15年冷却した際の発熱量の比較を表1に、ともに15年冷却した際の線源強度の比較を表2に示す。また、発熱量及び線源強度の評価条件を表3に示す。

発熱量については、15年冷却の通常のウラン燃料が20年冷却の回収ウラン燃料より高い。線源強度については全線種につき15年冷却のウラン燃料が15年冷却の回収ウラン燃料より高いため線量当量率も15年冷却のウラン燃料が高くなる。

よって、回収ウラン燃料は20年冷却することで、発熱量、放射線量ともに15年冷却の通常のウラン燃料の評価条件に包絡することができる。

表1 発熱量評価結果

	20年冷却 回収ウラン燃料	15年冷却 ウラン燃料
発熱量 (watt/体)	7.017×10^2	7.044×10^2

表2 線源強度評価結果

		15年冷却 回収ウラン燃料	15年冷却 ウラン燃料
線源 強度	ガンマ線 ^(注1) (Mev/s/体)	1.322×10^{15}	1.323×10^{15}
	中性子 (n/s/体)	2.588×10^8	2.598×10^8

(注1) 燃料有効部ガンマ線について評価。構造材放射化ガンマ線源強度は、燃料集合体構造材のCo59初期含有量が回収ウラン燃料とウラン燃料で同等である。

表3 発熱量及び線源強度の評価条件

項目		回収ウラン燃料	ウラン燃料
燃焼度 (MWd/t)		46,500 ^(注1)	48,000
ウラン組成 (wt%)	U234	0.05 ^(注2)	0
	U235	4.05	4.0
	U236	0.8 ^(注2)	0
	U238	残り	残り
ウラン重量 (kg)		465	470
ピーキングファクター		1.0	1.0

(注1) 集合体燃焼度の最大値を包絡するように保守的に設定。

(注2) 同位体組成比は保守的となるようサーベイ計算で確認し、U234は低組成、U236は高組成とした。それぞれの組成比については、実燃料データより設定。

【ご指摘事項】

金属ガスケットの漏えい率について、メーカーカタログ値とは何か。また、このメーカーカタログ値を使用する妥当性を説明すること。

弊社回答

本申請における乾式キャスクに採用を予定している金属ガスケットのメーカーカタログ「“METAL SEALS TECHNICAL CATALOG”, Technetics Group. , (2017).」に記載されている、当該金属ガスケットの性能の目安となる漏えい率である。

当該金属ガスケットと同型の金属ガスケットを用いた長期密封性能試験^(注1)において、カタログ値と同等の性能が長期間維持できる結果が得られており、本申請における乾式キャスク（タイプ1及びタイプ2）での使用条件を踏まえると、設計貯蔵期間において同等の性能が維持できると考えている。

また、密封境界部の金属ガスケットについては、使用時に気密漏えい試験を実施し、漏えい率が資料11に示すリークテスト判定基準を下回ることを確認するとともに、貯蔵中は定期的に蓋間圧力を監視することで、金属ガスケットを用いた密封機能の健全性が維持されていることを確認する。

(注1) (一財)電力中央研究所, 『平成21年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等報告書』, (2010).

【ご指摘事項】

乾式キャスクの強度評価について、技術基準規則第17条と技術基準規則第26条で評価している評価箇所とその選定の考え方を整理して説明すること。

弊社回答

1. 強度評価の基本方針

1.1 使用済燃料乾式貯蔵容器の構造及び強度

使用済燃料乾式貯蔵容器の強度評価は、技術基準規則第17条への適合性については、資料10-2「クラス3容器の強度に関する説明書」にて、技術基準規則第26条への適合性については、資料10-3「キャスク本体その他のキャスクを構成する部材に係る強度に関する説明書」にて、それぞれ十分な構造及び強度を有することを確認している。

第1表に使用済燃料乾式貯蔵容器の構成部位を、第1図に使用済燃料乾式貯蔵容器の構造図を示し、強度評価の基本方針を以下に示す。

(1) 技術基準規則第17条に基づく評価対象

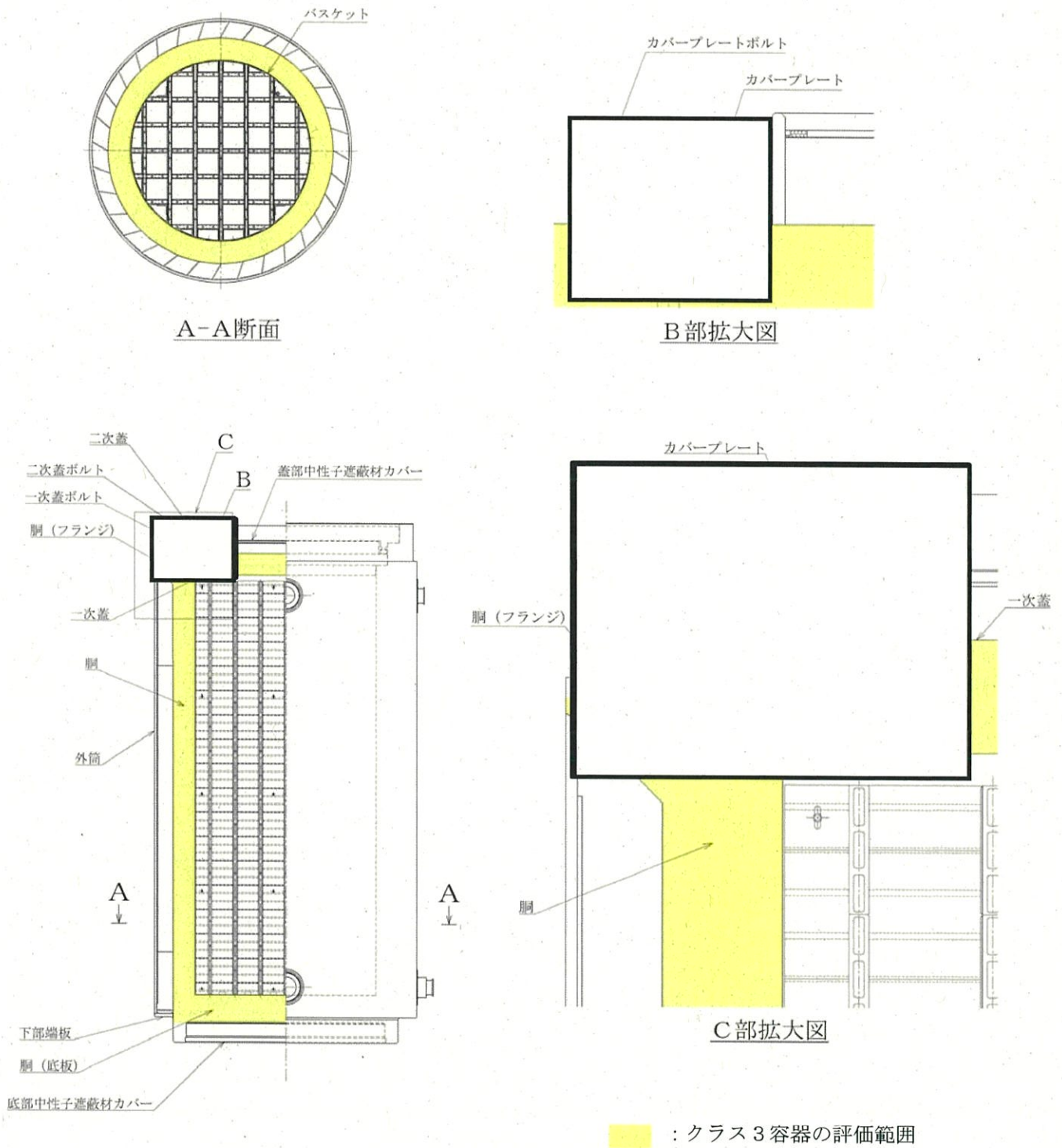
使用済燃料乾式貯蔵容器が、技術基準規則第17条に規定されるクラス3容器の強度部材として評価が必要となる胴、一次蓋等を評価対象とする。

(2) 技術基準規則第26条に基づく評価対象

使用済燃料乾式貯蔵容器が、技術基準規則第26条に規定される使用条件において、4つの安全機能（臨界防止機能、遮蔽機能、除熱機能及び閉じ込め機能）を確保するために強度部材として評価が必要となる胴、一次蓋、二次蓋、バスケット、トラニオン、外筒等を評価対象とする。

第1表 使用済燃料乾式貯蔵容器の構成部位

部位		17条への適合を示す範囲			26条への適合を示す範囲		
金属キャスク構造規格分類	部材名		クラス3容器として評価	理由		金属キャスク構造規格に基づく評価	理由
密封容器	胴	○	○	圧力容器として圧力が掛かる構造強度部材	○	○	4つの安全機能を担保するうえで必要な構造強度部材
	胴（底板）	○	○		○	○	
	胴（フランジ）	○	○		○	○	
	一次蓋	○	○		○	○	
	一次蓋ボルト	○	○		○	○	
	カバープレート	○	○		○	○	
	カバープレートボルト	○	○	○	○		
	二次蓋	-	-	-	○	○	
	二次蓋ボルト	-	-		○	○	
外筒	-	-	○		○		
中間胴	下部端板	-	-	○	○		
	蓋部中性子遮蔽材カバー	-	-	○	○		
	底部中性子遮蔽材カバー	-	-	○	○		
	バスケット	-	-	○	○		
トラニオン	-	-	○	○			



第1図 使用済燃料乾式貯蔵容器の構造図 (タイプ1の例)

【ご指摘事項】

レジンの温度制限値の根拠の文献として引用しているレジンと、今回使用するレジンの仕様について、同等性を説明すること

弊社回答

本申請における乾式キャスクのレジン (MREX) の仕様は、表 1 に示す通り文献として引用しているエポキシ系レジン (NS-4-FR) と同じである。なお、MREX は輸送キャスクにおいて NS-4-FR の同等品として認められており、採用実績がある材料である。

表 1 レジン仕様の比較

	従来品 (NS-4-FR)	本申請における乾式キャスク で使用するレジン (MREX)
レジンの種別	エポキシ系レジン	同左
機能要求	難燃性、自己消火性を有すること	同左
線膨張係数	1.1×10^{-4} 以下 (150°C)	同左
使用可能温度	-40~149°C	同左
密度	1.67 ± 0.05 g/cm ³	同左
B ₄ C 含有量	0.0194 g/cm ³ 以上	同左
H 含有量	0.096 g/cm ³ 以上	同左